



J1017 U.S. PTO
10/075925



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 06 616.3

Anmeldetag: 13. Februar 2001

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft,
München/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Regelung der Verstärkung eines
hochfrequenten Signals

IPC: H 04 B, H 03 G

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. Juli 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
im Auftrag

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Beschreibung

Verfahren zur Regelung der Verstärkung eines hochfrequenten Signals

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung der Verstärkung eines hochfrequenten Signals, insbesondere eines intermittierenden Signals, eine Sende- und/oder Empfangseinheit und ein Kommunikationssystem.

10

Verfahren und Einheiten der genannten Art finden bei der Verstärkung hochfrequenter Signale im stationären Einsatz, insbesondere aber im Bereich der Mobilfunktechnik Verwendung. In kompakter und vorzugsweise hochintegrierter Bauform werden sie so u.a. in Schnurlos-Telefonen und Mobiltelefonen bzw. Handys und deren Systemen eingesetzt. Hier muß ein Sendesignal als hochfrequentes Signal in dem Spezialfall einer Verarbeitung in einem TDMA-Mobilfunkgerät (Time Division Multiple Access bzw. Zeitmultiplex) unter anderem die Systemspezifikation erfüllen, wonach ein vorgegebener zeitlicher Verlauf der Sendeleistung während eines Auf- und Abregelns des Senders einzuhalten ist. Das Auf- und Abregeln wird nachfolgend als Up- und Down-Ramping bezeichnet. Ferner ist ein Leistungsdichtespektrum des Signals während des Regelvorgangs zu begrenzen, damit insbesondere außerhalb eines zugewiesenen Zeitschlitzes keine benachbarten Signale oder sonstige Signale in benachbarten Frequenzbereichen gestört werden. Ferner ist ein Mittelwert der Sendeleistung in dem Zeitschlitz bzw. Burst zur sicheren Datenübertragung im wesentlichen konstant einzuhalten.

30

Um die Anforderungen in Abhängigkeit von Temperatur, Betriebsspannungsschwankung, Frequenz und Alterung einhalten zu können, wird im allgemeinen eine Leistungsregelung vorgesehen. Von GSM-Geräten (Global standard for mobile communication) her sind Hardware-Regelungseinrichtungen zur Leistungsregelung oder Stromregelung bekannt. GSM in seiner Urversion

35

arbeitet mit GMSK-Modulation (Gaussian Minimum Shift Keying). Derartig modulierte Signale weisen eine konstante Hüllkurve auf. Die über einen Leistungsdetektor am Ausgang eines Sendeverstärkers gewonnene Detektorspannung ist somit ein direktes
5 Maß für die momentane Sendeleistung und kann als Ist-Wert für eine Leistungsregelung herangezogen werden. Im eingeschwungenen Zustand entspricht der Momentanwert der Leistung innerhalb des Sendebursts zu jedem Zeitpunkt der Mittelwertleistung.

10

Aus der EP 0 523 718 A2 ist eine Einrichtung zur reinen Leistungssteuerung bekannt, die eine Regelung über eine Tabelle vorsieht. Dieses Verfahren erfordert einen enormen Abgleichaufwand und weist einen großen Speicherbedarf auf, da das
15 Verhalten des Sende-Verstärkers über Frequenz, Betriebsspannung und Temperatur in Look-Up Tabellen hinterlegt werden muß. Mögliche Einflüsse einer Alterung der Einrichtung lassen sich so jedoch trotzdem kaum berücksichtigen.

20

Ferner ist ein Verfahren bekannt, in dem die Amplitudenmodulation getrennt von der Phasenmodulation auf das Sendesignal aufgebracht wird, der s.g. Polar-Loop Sender. Dies kann z.B. durch Modulation der Versorgungsspannung eines im C-, D- oder E- Betrieb stark nichtlinear arbeitenden Leistungsverstärkers geschehen. Hierbei kann die Sendeleistungskontrolle
25 auf dem gleichen Wege geschehen. Nachteilig ist hierbei jedoch der Schaltungsaufwand, da für Amplitude und Phase zwei getrennte Regelschleifen vorzusehen sind.

30

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren, eine Sende- und/oder Empfangseinheit und ein Kommunikationssystem vorzuschlagen, die bei einem höheren Grad von Flexibilität zur Anpassung an verschiedene Signalspezifikationen mit einem geringeren Schaltungsaufwand eine verbesserte Einstellung der Sendeleistung ermöglichen.
35

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und eine Sende- und/oder Empfangseinheit mit den Merkmalen des Anspruchs 17 gelöst. Ferner ist ein Kommunikationssystem mit den Merkmalen von Anspruch 32 eine Lösung dieser Aufgabe. Die Unteransprüche definieren jeweils bevorzugte und vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

Eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung umfaßt eine Regelschleife, die bei konstant gehaltenem Verstärker-Steuersignal insbesondere für die Dauer einer Datenübertragung über einen Schalter geöffnet wird. In einem Zeitmultiplex-Betrieb kann diese Regelschleife im geschlossenen Zustand einer zeitlich trapez- bzw. rampenförmig vorgegebenen Führung der Leistung eines hochfrequenten Sendesignals folgen, dem s.g. Ramping. Die Verstärkung einer erfindungsgemäßen Regelschleife wird durch das Öffnen des Schalters aber dann von einem weiteren Verlauf eines Momentanwertes der Leistung abgekoppelt und in einem Hold-Betriebsmodus mit einem konstanten Verstärkungsfaktor betrieben.

Ist das Sendesignal nun beispielsweise mit einer Amplitudenmodulation beaufschlagt, so ist ein Zusammenhang zwischen einem Momentanwert der Leistung innerhalb des Sendebursts und der Mittelwertleistung mindestens während einer Datenübertragung nicht mehr zu jedem Zeitpunkt gegeben. Modulationsanteile, deren Frequenzen nicht um Größenordnungen über der Bandbreite der Regelschleife zur Leistungsregelung liegen, werden nach bekannten Verfahren und Vorrichtungen nach dem Stand der Technik durch eine Regelung zumindest verfälscht oder gar ausgeregelt. Da die Bandbreite der Regelschleife durch die Ramping-Anforderung bestimmt wird kann sie dementsprechend nicht beliebig klein ausgelegt werden. Damit ist für derartige Signale ein Einsatz einer herkömmlichen Leistungsregelung nicht möglich.

Nach einem erfindungsgemäßen Verfahren bleiben hingegen auch

- diese Modulationsanteile bei der Verstärkung unberührt, da in einer Grundform der Erfindung nach dem geregelten UP-Ramping der Wert der Verstärker-Steuerspannung über eine Abtast-Halte-Schaltung kurz vor Beginn einer Datenübertragung abgetastet und gespeichert und die Regelschleife dann geöffnet wird. Die Schaltung befindet sich in einem s.g. Hold-Betriebsmodus. Da sich die Verstärker-Steuerspannung während der Datenübertragung nicht ändert, bleibt auch die Verstärkung des einstellbaren Verstärkers konstant. Der Verstärkungsfaktor ist von einem jeweils momentanen Signalpegel im Gegensatz zu bekannten Vorrichtungen entkoppelt, so daß sich Änderungen der Hüllkurve oder des Mittelwerts des Signals nicht mehr auswirken können. Damit bleibt auch die Amplitudenmodulation des Signals bei der Verstärkung unbeeinflusst.
- Um die mögliche Datenrate einer Mobilfunkverbindung bei gleichbleibender beanspruchter Bandbreite steigern zu können, kommen aber zunehmend Modulationsverfahren mit variierender Hüllkurve zum Einsatz. So ist für die Zukunft von GSM das Modulationsverfahren EDGE GSM (enhanced data rate for GSM evolution, $3\pi/8$ -shifted 8PSK) vorgesehen. Hier ist dementsprechend ein wesentliches Einsatzgebiet von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu sehen.
- Vorzugsweise wird in einem erfindungsgemäßen Verfahren während des "Hold"-Betriebsmodus eine Abweichung zwischen einem abgetasteten und durch Speicherung gehaltenen Verstärker-Steuersignal und einem vorgegebenen Verstärker-Steuersignal ausgeregelt. Dazu ist in der Regelschleife eine zweite Regelschleife im "Hold"-Betriebsmodus derart geschlossen, daß die Ausgangsspannung der Vergleicherschaltung auf dem gespeicherten Wert des Verstärker-Steuersignals gehalten wird. Abweichungen werden in jedem Betriebsmodus ausgeregelt.
- In einer Weiterbildung der Erfindung wird eine Differenz zwischen einer in der Regelschleife gehaltenen Verstärkung und einer vorgegebenen Soll-Verstärkung der Regelschleife ausge-

- glichen, so daß es bei einem Rückschalten von dem "Hold"-Betriebsmodus in einen Regel-Betriebsmodus mit einer geregelten Leistungsabsenkung nicht zu unerwünschten Regelvorgängen innerhalb der Regelschleife kommt. Durch Abtastung der Ist-
- 5 Verstärkung über ein Verstärker-Steuersignal kurz vor dem Umschalten von dem "Hold"- in den Regel-Betriebsmodus wird eine Differenz ermittelt, die von dem eigentlichen Steuersignal für die Dauer des Abregelvorganges bzw. das Down-Ramping abgezogen wird. Neben der Minderung einer Schwingneigung der
- 10 Regelschleife und Unterdrückung von Störfrequenzen und/oder Störungen benachbarter logischer Kanäle wird damit auch eine Energieeinsparung durch eine im Regelfall schneller abfallende Leistungskurve bewirkt.
- 15 Vorteilhafterweise wird das Zeitraster, das die Auslösung der notwendigen Steuersignale veranlaßt, durch den jeweiligen Signal-Standard vorgegeben. So können diese Signale in einer eigenen Logik nach einmaliger Einstellung des entsprechenden Standards generiert werden, wodurch das vorstehend beschriebene Verfahren mit all seinen Weiterbildungen als reine Hard-
- 20 ware-Lösung bei allen bekannten und auch derzeit erst geplanten Signal-Standards einsetzbar ist. Zudem ist eine erfindungsgemäße Lösung unter Verwendung von Standard-Komponenten auch für einen Einsatz in einem hochintegrierten Schaltkreis
- 25 geeignet.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung anhand bevorzugter Ausführungs-

30 beispiele erläutert.

Fig. 1 zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild zur Realisierung einer bekannten Leistungsregelung;

35 Fig. 2 zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild einer ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform;

Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

5 Fig. 4 stellt ein Diagramm zur Veranschaulichung des Verlaufs einer Leistungskurve über der Zeit als "Power Time Template" bei unterschiedlichen Regelungsvarianten dar und

10 Fig. 5 zeigt ein Blockschaltbild einer Weiterbildung der Erfindung zu einer gegenüber Variationen der Verstärkung unempfindlich reagierenden Anordnung.

Bei der Schaltung von Fig. 1 ist die Grundfunktion einer
15 Leistungsregelung in einer an sich bekannten Regelschleife L dargestellt. Das zu verstärkende Hochfrequenzsignal wird über einen Eingang RF_In auf einen Verstärker VGA mit steuerbarer Verstärkung gegeben. Die Verstärkung des Verstärkers VGA ist eine Funktion eines Verstärker-Steuersignals GAIN CTRL. Der
20 nachfolgende Linearverstärker PA besitzt eine konstante Verstärkung, um an einem Ausgang RF_Out der Regelschleife L einen möglichst großen Dynamikbereich aufweisen zu können.

Ein Teil der vorlaufenden Sendeleistung wird über einen
25 Richtkoppler LK ausgekoppelt und auf einen Leistungsdetektor DET gegeben. Der Koppler LK besitzt einen konstanten Koppel- faktor von z.B. -15dB. Mit steigender Leistung liefert der Detektor DET eine negative Spannung, die von ihrem Betrag her zunimmt. Wird an einem Steuerungseingang eine positive Steuer-
30 spannung RAMP als Führungsgröße für eine vorgeschriebene Form eines zeitlichen Verlaufs der Ausgangsleistung angelegt, so steigt das Potential an einem nicht-invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers OP1. Der als I-Regler arbeitende Operationsverstärker OP1 wird seine Ausgangsspannung GAIN
35 CTRL - und somit die Sendeleistung - soweit erhöhen, bis sich die aufgrund der wachsenden Ausgangsleistung negativ steigende Detektor-Ausgangsspannung und die Steuerspannung RAMP des

Verstärkers an dem nicht-invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OP1 kompensieren.

5 Sinkt die Eingangsleistung, so wird auch die über den Richtkoppler LK ausgekoppelte Leistung abfallen. Damit wird die negative Detektor-Ausgangsspannung vom Betrag her kleiner. Es entsteht eine positive Differenzspannung an den Eingängen des Operationsverstärkers OP1. Die Ausgangsspannung GAIN CTRL des Operationsverstärkers OP1 steigt an, wodurch dann die Ver-
10 stärkung des VGA steigt. Dieser Regelvorgang setzt sich solange fort, bis die Soll-Ausgangsleistung erreicht ist. Dann ist ein eingeschwungener Zustand erreicht, bei dem sich die Ausgangsspannung des Detektors DET und die Steuerspannung RAMP an dem nicht-invertierenden Eingang des Operationsver-
15 stärkers OP1 zu Null addieren.

Entsprechendes gilt aber auch für eine dem Eingangssignal überlagerte Amplitudenmodulation, sofern die niedrigste auftretende Modulationsfrequenz in die Bandbreite der Schleifen-
20 regelung, die s.g. Loop-Bandbreite, fällt. Die Loop-Bandbreite muß jedoch den Anforderungen der Auf- und Abregelung des Leistungspegels, also einem zeitlichen Verlauf der Leistung beim Up- und Down-Ramping, angepaßt werden. Die Loop-Bandbreite kann also nicht beliebig klein ausgelegt werden, da die Ausgangsleistung sonst nicht dem Steuersignal
25 RAMP folgen könnte. Damit werden Pegeländerungen des Eingangssignals stark verändert oder gar ausgeregelt. So eignet sich die hier gezeigte Leistungsregelung insbesondere nicht für EDGE GSM, da sie den Amplitudenmodulationsanteil des Ein-
30 gangssignals schon vom Prinzip her wesentlich verfälschen würde. Das verstärkte Hochfrequenzsignal wäre unbrauchbar.

Mit der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung kann aufbauend auf die Schaltung von
35 Fig. 1 die Sendeleistung eines Mobilfunkgerätes geregelt auf ihren beim Up-Ramping gewünschten Wert gebracht und die Steuerspannung GAIN CTRL des Verstärkers VGA während der Dauer

der Datenübertragung DATA durch eine Abtast-Halte-Schaltung SH1 konstant gehalten werden. Dazu wird nach Auslösung einer Abtastung der Steuer-Spannung GAIN CTRL durch ein Signal sample ein Schalter S1 durch ein Steuersignal CTRL von einer
5 Schaltstellung B in eine Schaltstellung A gebracht. Damit liegt das abgetastete Signal solange an dem Ausgang des Schalters S1, wie das Steuersignal CTRL gesetzt ist. Die Regelschleife L ist während dieser Dauer geöffnet, so daß auch ein schwankender Mittelwert des zu verstärkenden Hochfrequenzsignals über den Operationsverstärker OP1 keinen Einfluß
10 auf die Verstärkung ausüben kann.

Kurz vor dem Absenken der Sendeleistung wird nach Beendigung einer Datenübertragung der Schalter S1 durch das Steuersignal CTRL wieder in die Schaltstellung B zurückgesetzt. In dieser
15 Schaltstellung entspricht die Schaltung von Fig. 2 in ihrer Funktion wieder der Schaltung von Fig. 1. So läuft das anschließende Down-Ramping in der geschlossenen Regelschleife L wieder in einem Regelbetrieb dem Steuersignal RAMP folgend
20 ab.

In der Schaltung von Fig. 3 ist gegenüber der von Fig. 2 ein weiterer Regelkreis eingefügt worden. Ein ebenfalls als I-Regler arbeitende Operationsverstärker OP2 vergleicht das
25 Ausgangssignal des Operationsverstärkers OP1 mit dem Verstärker-Steuersignal GAIN CTRL. Über den Umschalter S1 wird weiterhin zwischen den beiden Betriebsmodi "Regelung" und "Hold" hin und her geschaltet. Durch die besondere Schaltungsauslegung wird jedoch nun sichergestellt, daß die Ein- und Ausgänge des Regel-Operationsverstärkers OP1 vor dem Rückschalten
30 in den Regelungsbetrieb während des Down-Rampings bereits die Potentiale aufweisen, wie sie sich im eingeschwungenen Zustand bei Mittelwertleistung ergeben. In einem Idealfall entstehen unter Verwendung schneller Umschalter somit keine Einschwingvorgänge beim Umschalten von "Hold" auf "Regelung".
35 Dazu wird das Ausgangssignal des Operationsverstärkers OP2 zu dem Ausgangssignal des Leistungsdetektors DET am Eingang des

Operationsverstärkers OP1 addiert, um so eine Abweichung zwischen dem Ausgangssignal des Operationsverstärkers OP1 und dem Verstärker-Steuersignal GAIN CTRL auszuregeln. In Schalterstellung B sind die Eingänge des Operationsverstärkers OP2 durch Schaltungszwang nahezu potentialgleich, so daß ein Ausgangssignal des Operationsverstärkers OP2 nur Störungen am Eingang des Operationsverstärkers OP1 verursachen könnte. Es wird daher ein weiterer Schalter S2 vorgesehen, der den zweiten Regelkreis in der Schalterstellung B der Schalter S1, S2 abtrennt. Die Schalter S1, S2 werden durch das Steuersignal CTRL im Idealfall zeitgleich und auch im wesentlichen verzögerungsfrei geschaltet.

Der vorstehend beschriebene Regelvorgang über den zweiten Regelkreis greift damit nur in Schaltstellung A der Schalter S1, S2 aktiv ein und bewirkt dann, daß jede Differenz zwischen Ausgangssignal des Operationsverstärkers OP1 und dem Verstärker-Steuersignal GAIN CTRL ausgeregelt wird. So treten insbesondere beim Umschalten von Schalter S1 zwischen den Eingängen des Schalters S1 und seinem Ausgang keine Potential-Unterschiede auf. Wird nun nach der Datenübertragung in den geregelten Betrieb zurückgeschaltet, so finden keine Einschwingvorgänge statt, da sämtliche geschalteten Schnittstellen bereits richtige Potentiale aufweisen und der Integrationskondensator C_{integr} korrekt aufgeladen ist. Die Regelung wird während des "Hold"-Betriebs in einem virtuellen "eingeschwungenen Zustand" gehalten. Das Umschalten läuft somit kontrolliert und ohne Regelvorgänge oder gar Schwingungen der Regelschleife L ab. Einschwinger beim Umschalten würden sich hingegen sowohl im zeitlichen Verlauf der Sendeleistung als auch im Transientenspektrum störend als Verletzung einer Spezifikation der Sendeeinheit bemerkbar machen.

Eine derartige Schaltung läßt sich auch als Abwandlung einer in der DE 199 49 182 A1 für ein CDMA-Modulationsverfahren (Code Division Multiple Access) unter Bezug auf die Abbildung der dortigen Fig. 1 beschriebenen Schaltung erfindungsgemäß

aufbauen. Die in der genannten Druckschrift offenbarte Schaltung weist ebenfalls eine geschlossene Regelschleife mit einer zweiten Regelschleife auf. Dabei umfaßt die zweite Regelschleife wiederum im wesentlichen nur einen Operationsverstärker, der über zwei Schalter zu oder abgeschaltet wird. Erfindungsgemäß würde diese Schaltung für einen Einsatz in einem Sender mit einem TDMA-Modulationsverfahren so abgewandelt werden, daß der Operationsverstärker als I-Regler arbeiten würde. Ferner würden die Aus- und Eingänge der Regelschleife mit einem Analog-Digital-Wandler ADC, einer Logik bzw. einem Look-up Speicher und einem Digital-Analog-Wandler DAC in der Funktion einer Abtast-Halte-Schaltung SH1 genutzt werden. Vom schaltungstechnischen Aufwand her ist eine erfindungsgemäße Lösung gemäß der Darstellung von Fig. 3 jedoch zu bevorzugen. Dennoch wird an dieser Stelle insbesondere hinsichtlich der Maßnahmen zur Temperaturkompensation ausdrücklich auf die vorstehend genannte Druckschrift Bezug genommen. Die Weiterbildungen, wie z.B. eine Anordnung einer Temperaturkompensationsdiode in enger thermischer Kopplung mit einer Detektordiode des Leistungsdetektors DET durch Anordnung in einem gemeinsamen Gehäuse und daher gleiches physikalisches Verhalten, sind bei gleichen Vorteilen auch in einer Schaltung gemäß vorliegender Erfindung einsetzbar.

Ein Diagramm mit einer skizzierten Darstellung des Verlaufs einer Leistungskurve RF Power über der Zeit ist in Fig. 4 gezeigt. In Vorbereitung einer Datenübertragung wird die Sendeleistung von einem abgeschalteten Zustand aus bis zu einem Zeitpunkt t_{Ru} hochgeregelt, um dann auf einem konstanten Wert von z.B. +20 dBm gehalten zu werden. In einer Zeitspanne zwischen dem Zeitpunkt t_{Ru} und dem Beginn der Phase DATA mit einer Datenübertragung zum Zeitpunkt t_d wird das Steuersignal sample zur Abtastung des Verstärker-Steuersignals GAIN CTRL gesetzt. Noch vor dem Zeitpunkt t_d wird das Steuersignal CTRL gesetzt, um die Regelschleife L bei konstantem Wert des Verstärker-Steuersignals GAIN CTRL zu öffnen.

Da die Ausgangsspannung des Detektors DET aufgrund der Amplitudenmodulation des Datensignals über die Zeit gesehen variiert, ändert sich auch die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OP2 über der Zeit. Die Regelung will die Detektorspannungsänderung am nicht-invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OP1 kompensieren. Die Regelung muß daher so dimensioniert sein, daß sie nach erfolgter Datenübertragung nach einem Zeitpunkt t_{ds} und noch vor einem Rücksetzen des Steuersignals CTRL für die Schalter S1, S2 einen eingeschwungenen Zustand erreicht. Es ist auch möglich, aber nicht erforderlich, daß die Regelung so schnell ausgelegt wird, daß sie der Amplitudenmodulation stets folgen kann.

Wenn sich die Verstärkung des Verstärkerzuges aus VGA und PA während eines Bursts nicht ändert - was z.B. aufgrund Erwärmung vorkommen kann - so entspricht zu diesem Zeitpunkt die Ausgangsspannung des OP2 der zuletzt anliegenden Steuerungsspannung RAMP. Es treten beim Rückschalten von dem "Hold"- in den Regel-Betriebsmodus keine Einschwing- oder sonstige Regelvorgänge auf.

Ändert sich die Verstärkung des Verstärkerzuges aus VGA und PA über einer Burst-Dauer DATA jedoch, z.B. aufgrund von Erwärmung der PA, so wird es ohne geeignete Gegenmaßnahme beim Rückschalten von dem "Hold-" in den Regel-Betriebsmodus zu einem unerwünschten Regelvorgang kommen, da sich die Ausgangsleistung und somit auch die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OP2 über den Burst geändert haben. Bei sinkender Ausgangsleistung steigt die hier negative Detektor-Ausgangsspannung an. Die Anordnung wirkt der Ursache entgegen und wird die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OP1 solange steigen lassen, bis sich Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OP2 und Detektor-Ausgangsspannung wieder am nicht-invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OP1 kompensieren. Zwar ist die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OP1 gleich der GAIN CTRL-Spannung, die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OP2 entspricht nun aber zu

den Zeitpunkten Ende Up-Ramping bzw. Anfang Down-Ramping nicht mehr der Steuerspannung RAMP. Die Regelschleife L reagiert nach dem Umschalten auf den Spannungssprung der Führungsgröße, der Ausgangsspannung von Umschalter S1. Dieser Fall ist in dem Bereich X von Fig. 4 skizziert. Hier wird ein Leistungsabfall Δ einer Größe durch die Regelschleife L durch einen fast sprunghaften Anstieg der Ausgangsleistung entlang einem Kurvenast s beantwortet. Dabei gerät die Regelschleife L sogar noch leicht in Schwingung.

10

Als eine Lösung für dieses Problem stellt die Schaltung von Fig. 5 als Weiterbildung der Schaltung von Fig. 3 eine gegenüber Variationen der Verstärkung unempfindlich reagierende Anordnung dar. Über eine zweite Abtast-Halte-Schaltung SH2 kann kurz vor dem Zurückschalten von "Hold" auf Regelung die Differenz zwischen der Steuer-Spannung RAMP und OP2-Ausgangsspannung abgetastet werden. Gesteuert wird diese Abtastung durch ein Steuersignal $sample_c$, das zur Darstellung einer zeitlichen Abfolge mit in der Skizze von Fig. 4 eingezeichnet ist. Nach dem Umschalten der Schalter S1, S2 auf Schaltstellung B wird diese Differenz auf die Steuer-Spannung RAMP aufaddiert. Dabei wird die Differenz im Normalfall negativ sein, da die Verstärkung mit steigender Temperatur abnimmt. Die resultierende Spannung entspricht nun der zuletzt an dem Ausgang des Operationsverstärkers OP2 anliegenden Spannung. Das Down-Ramping beginnt zu einem Zeitpunkt t_{rd} auf dem vorhandenen abgefallenen Leistungsniveau, und die Leistungskurve RF Power verläuft von dem um den Betrag Δ von dem Soll-Betrag abgesenkten Leistungsniveau durch den Bereich a ohne zusätzliche Regelvorgänge, Schwingungen o.ä. in Richtung der fallenden Flanke der Leistungskurve RF Power.

30

Die interne Beschaltung eines dementsprechend in der Schaltung von Fig. 5 neu eingefügten Schaltungsblocks SB ist an eine Simulation angelehnt und besteht aus einer spannungsge-
steuerten Spannungsquelle und der Abtast-Halte-Schaltung SH2. Die Abtast-Halte-Schaltung SH2 tastet eine mögliche Span-

35

nungsdifferenz zu einem Zeitpunkt kurz vor dem Umschalten von dem "Hold"- in den Regel-Betrieb unter Steuerung durch das Signal `sample_c` ab. Die Spannungsquelle besitzt vor diesem Vorgang die Spannung Null und kann daher als Kurzschluß gedacht werden. Damit liegt zu diesem Zeitpunkt an dem Minuspol der Spannungsquelle, dem Ausgang von Block SB, die Steuer-Spannung RAMP an. Nach dem Abtast-Vorgang übernimmt die Spannungsquelle den in der Abtast-Halte-Schaltung SH2 gespeicherten Wert der Spannungsdifferenz. Diese Spannung wird dann auf die Steuer-Spannung RAMP aufaddiert, da die Spannungsquelle in Serie mit der Steuer-Spannung RAMP liegt. Es ergibt sich daraus eine korrigierte Steuergröße $RAMP^*$, so daß nach dem Umschalten des Schalters S2 wiederum keine Potentialänderung auftritt. Dementsprechend werden auch keine Regelvorgänge ausgelöst. Vor dem nächsten UP-Ramping wird der Wert der Spannungsquelle wieder auf Null gesetzt.

Die Steuersignale CTRL, `sample`, `sample_c` und RAMP werden bei den jeweiligen Ausführungsformen der Erfindung vorzugsweise in einem hier nicht dargestellten Steuerteil des Mobilfunkgerätes generiert. Sie werden durch ein fest vorgegebenes Zeitraster eines gewählten Mobilfunkstandards bestimmt.

Mit einer erfindungsgemäßen Schaltung ist ein kontrolliertes Ramping auch von amplitudenmodulierten Sendesignalen bzw. Bursts auf einen definierten Leistungspegel möglich, ohne daß eine Amplitudenmodulation in dem Burst während einer Phase der Datenübertragung beeinflußt wird. Es können damit Signale mit beliebig niederfrequenten Amplitudenmodulations-Anteilen eingesetzt bzw. verstärkt werden. Ferner können Signale beliebiger Burstlänge eingesetzt werden. Die Mindestlänge wird durch die Regelzeitkonstanten der Regelschleife bestimmt.

Durch eine zweite Regelschleife werden vorteilhafterweise auch Regelvorgänge beim Rückschalten von dem Hold- in den Regelbetrieb weitgehend unterbunden. Unter Ergänzung der Schaltung entsprechend der Abbildung von Fig. 5 verursacht dann

auch ein Leistungsdrop bzw. Leistungsabfall aufgrund einer Erwärmung in der Verstärkerkette aus VGA- und/oder PA- etc. während eines Bursts keine unerwünschten Regelvorgänge. Die für die Abtast-Halte-Schaltungen notwendigen Steuersignale CTRL, sample, sample_c sind an das verwendete Zeitraster gekoppelt und können daher auch aus einem einzigen Triggersignal und/oder einem jeweiligen Datensignal-Standard abgeleitet werden. Hierzu kann eine einfache Logikschaltung vorgesehen werden.

10

Bei einer Umsetzung eines erfindungsgemäßen Verfahrens können die bekannten Vorteile einer Hardware-Leistungsregelung ausgenutzt werden, nämlich insbesondere ein geringer Abgleichaufwand, eine gute Temperaturkompensation, geringe Frequenzabhängigkeit und praktisch keine Alterung. So stellt eine erfindungsgemäße Vorrichtung vorzugsweise eine reine Hardware-Lösung dar und ist als Schaltung "Stand alone" einsetzbar. Weiter kann eine erfindungsgemäße Schaltung unabhängig von dem Chip-Satz und der Software eines Systems eingesetzt werden. Die Anordnung kann zudem als preiswerte, und platzsparende ASIC-Lösung realisiert werden oder als vordesignte fertige Baugruppe in einem Chip integriert werden.

Aufgrund der Unterdrückung von Regelvorgängen und Schwingungen der Regelschleife hält eine erfindungsgemäße Schaltung auch sehr strenge Spezifikationen des Zeit- und Frequenzverlaufes des Ausgangssignals ein, wobei sie in weiten Bereichen frei an diverse TDMA-Signal-Standards angepaßt werden kann. Zusammen mit der prinzipiellen Eignung für energiesparende und hochintegrierte Schaltkreise wird für eine erfindungsgemäße Schaltung ein Einsatz in mobilen Endgeräte bzw. Sende- und/oder Empfangseinheiten einer Datenübertragungseinrichtung oder eines Kommunikationssystems oder Mobiltelefone bevorzugt. Damit wird jedoch ein vorteilhafter Einsatz in sonstigen Anwendungen zur Verstärkung höher- und/oder hochfrequenter Signale nicht ausgeschlossen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung der Verstärkung eines hochfrequenten Signals, insbesondere eines intermittierenden Signals, bei dem
5 ein zu verstärkendes Hochfrequenzsignal in einer Regelschleife (L) auf einen Verstärker (VGA) mit steuerbarer Verstärkung gegeben wird, wobei die Verstärkung durch ein Verstärker-Steuersignal (GAIN CTRL) gesteuert wird,
10 ein Teil des verstärkten Hochfrequenzsignals über einen Richtkoppler (LK) ausgekoppelt und auf einen Leistungsdetektor (DET) gegeben wird, dessen Ausgangsspannung zur Differenzbildung mit einem Steuersignal (RAMP) an Eingänge einer Vergleicherschaltung gelegt wird, deren Ausgangsspannung als Verstärker-Steuersignal (GAIN CTRL) zur Erhöhung des Leistungspegels
15 solange nachgeregelt wird, bis sich die Ausgangsspannung des Detektors (DET) und die Spannung des Steuersignals (RAMP) an den Eingängen der Vergleicherschaltung kompensieren,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Regelschleife (L) geöffnet und das Verstärker-Steuersignal (GAIN CTRL) konstant gehalten wird, insbesondere für die Dauer einer Datenübertragung (DATA).
25
2. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß nach einem geregelten Up-Ramping der Leistung des zu verstärkenden Hochfrequenzsignals in einen "Hold"-Betrieb
30 mit konstant gehaltener Verstärkung umgeschaltet wird.
3. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das Verstärker-Steuersignal (GAIN CTRL) zur konstanten Einstellung gespeichert wird, insbesondere in einer
35 Abtast-Halte-Schaltung (SH1) vor Beginn einer Datenüber-

tragung (DATA).

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
5 daß nach einem "Hold"-Betrieb mit konstant gehaltener
Verstärkung in einen geregelten Betrieb für ein geregel-
tes Up-Ramping der Leistung des zu verstärkenden Hochfre-
quenzsignals umgeschaltet wird.
- 10 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß zwischen Betriebsmodi "Hold" und "Regeln" hin- und
hergeschaltet wird.
- 15 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Umschaltung von "Regeln" auf "Hold" vor und die
Rückschaltung von "Hold" und "Regeln" nach einer Daten-
übertragung (DATA) stattfindet.
- 20 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß während des "Hold"-Betriebsmodus in der Regelschleife
(L) eine zweite Regelschleife derart geschlossen wird,
25 daß die Ausgangsspannung der Vergleicherschaltung auf dem
gespeicherten Wert des Verstärker-Steuersignals (GAIN
CTRL) gehalten wird.
- 30 8. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Abweichung zwischen der Ausgangsspannung der
Vergleicherschaltung und dem gespeicherten Wert des Ver-
stärker-Steuersignals (GAIN CTRL) von einem Operations-
verstärker (OP2) in der zweiten Regelschleife ausgeregelt
35 wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß eine Differenz einer Ausgangsspannung des Operations-
verstärkers (OP2) zu dem Steuersignal (RAMP) ausgeglichen
5 wird, um Regelvorgänge der Regelschleife (L) aufgrund ei-
nes eventuellen Leistungsabfalls (δ) zu vermeiden.
10. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
10 daß der Ausgleich nach einer Phase der Datenübertragung
(DATA) vorgenommen wird.
11. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
15 daß eine Differenz einer Ausgangsspannung des Operations-
verstärkers (OP2) zu dem Steuersignal (RAMP) durch eine
Abtastung festgestellt, insbesondere kurz vor einem Zeit-
punkt (t_{Rd}) mit dem Down-Ramping Start bzw. einer gere-
gelten Leistungsabsenkung.
- 20 12. Verfahren nach einem der drei vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß die Differenz der Ausgangsspannung des Operationsver-
stärkers (OP2) zu dem Steuersignal (RAMP) gehalten, vor-
zugsweise in einer Abtast-Halte Schaltung (SH2), und von
25 dem Steuersignal (RAMP) zur Bildung eines neuen Steuer-
signals (RAMP*) subtrahiert wird.
13. Verfahren nach einem der vier vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
30 daß Schalter (S1, S2) durch das Steuersignal (CTRL) zeit-
gleich und in wesentlichen verzögerungsfrei geschaltet
werden.
- 35 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß durch das Steuersignal (RAMP) ein zeitlicher Verlauf

der Leistung beim Up-/Down-Ramping nachbildet und ein jeweils gewünschter Leistungspegel vorgegeben wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß die Steuersignale (CTRL, sample, sample_c, RAMP) in einem Steuerteil generiert werden.

16. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß die Steuersignale (CTRL, sample, sample_c, RAMP) auf der Basis eines fest vorgegebenen Zeitrasters eines jeweiligen Mobilfunkstandards in dem Steuerteil erzeugt werden.

15

17. Sende- und/oder Empfangseinheit, insbesondere zur Umsetzung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

20 die Einheit eine Regelschleife (L) zur Regelung des Leistungspegels eines zu verstärkenden hochfrequenten Signals umfaßt,

in der ein Eingang (RF_in) an einen Verstärker (VGA) angeschlossen ist, dessen Verstärkung über ein Verstärker-Steuersignal (GAIN CTRL) steuerbar ausgebildet ist,
25 an einem Ausgang (RF_out) der Regelschleife (L) ein Richtkoppler (LK) zum Auskoppeln eines Teils der Ausgangsleistung des verstärkten hochfrequenten Signals und zur Überführung auf einen Leistungsdetektor (DET) vorgesehen ist,

30 der Leistungsdetektor (DET) zur Weiterleitung seiner Ausgangsspannung mit einer Vergleicherschaltung verbunden ist, und

die Vergleicherschaltung unter Bildung einer Differenz zwischen einem Steuersignal (RAMP) und der Ausgangsspannung des Detektors (DET) über eine Anpassung des Verstärker-Steuersignal (GAIN CTRL) als Ausgangssignal der Vergleicherschaltung zur Ausregelung dieser Differenz ausge-

35

bildet ist,
dadurch gekennzeichnet,
daß Mittel zum Unterbrechen der Regelschleife (L) und
Mittel zum konstanten Halten des Verstärker-Steuersignals
(GAIN CTRL) vorgesehen sind.

18. Sende- und/oder Empfangseinheit nach dem vorhergehenden
Anspruch,

dadurch gekennzeichnet,
daß als Mittel zum Unterbrechen der Regelschleife (L) ein
Schalter (S1) vorgesehen ist, der über ein Steuersignal
(CTRL) zum Öffnen und Schließen der Regelschleife (L)
ausgebildet ist.

19. Sende- und/oder Empfangseinheit nach einem der vorherge-
henden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,
daß eine Abtast-Halte-Schaltung (SH1) als Mittel zum kon-
stanten Halten des Verstärker-Steuersignals (GAIN CTRL)
in der Regelschleife (L) vorgesehen ist.

20. Sende- und/oder Empfangseinheit nach einem der vorherge-
henden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,
daß der Schalter (S1) beim Öffnen der Regelschleife (L)
zu einem im Idealfall gleichzeitigen Anschließen der Ab-
tast-Halte-Schaltung (SH1) ausgebildet ist.

21. Sende- und/oder Empfangseinheit nach einem der vorherge-
henden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,
daß die Vergleicherschaltung mit einem Operationsverstär-
ker (OP1) aufgebaut und als I-Regler ausgebildet ist.

22. Sende- und/oder Empfangseinheit nach einem der vorherge-
henden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß auf den Verstärker (VGA) mit steuerbarer Verstärkung nachfolgend ein Linearverstärker (PA) mit einem konstanten Verstärkungsfaktor zur weiteren Verstärkung des zu verstärkenden hochfrequenten Signals vorgesehen ist.

5

23. Sende- und/oder Empfangseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß der Koppler (LK) einen konstanten Koppelfaktor aufweist, insbesondere einen Koppelfaktor von -15 dB.

10

24. Sende- und/oder Empfangseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß eine zweite Regelschleife zum Ausregeln einer Abweichung zwischen der Ausgangsspannung der Vergleicherschaltung und dem gespeicherten Wert des Verstärker-Steuersignals (GAIN_CTRL) vorgesehen ist.

15

20 25. Sende- und/oder Empfangseinheit nach dem vorhergehenden Anspruch,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß die zweite Regelschleife einen Operationsverstärker (OP2) mit integrierender Eigenschaft umfaßt.

25

26. Sende- und/oder Empfangseinheit nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß eine Vorrichtung zum Ausgleichen einer Abweichung zwischen dem Steuersignal (RAMP) und einem Ausgangssignal der zweiten Regelschleife vorgesehen ist.

30

27. Sende- und/oder Empfangseinheit nach dem vorhergehenden Anspruch,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß Mittel zum Ausgleich einer Differenz zwischen einer in der Regelschleife (L) gehaltenen Verstärkung und einer

35

vorgegebenen Soll-Verstärkung der Regelschleife (L) vorgesehen sind, so daß es bei einem Rückschalten von dem "Hold"-Betriebsmodus in einen Regelbetrieb nicht zu unerwünschten Regelvorgängen innerhalb der Regelschleife (L) kommt.

28. Sende- und/oder Empfangseinheit nach dem vorhergehenden Anspruch,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß die Mittel eine Abtast-Halte-Schaltung (SH2) zur Abtastung des Ausgangssignals des Operationsverstärkers (OP2) enthält.

29. Sende- und/oder Empfangseinheit nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß die Mittel eine spannungsgesteuerte Spannungsquelle zur Anpassung der vorgegebenen Steuergröße (RAMP) umfassen, die vorzugsweise zur Erzeugung eines angepaßten Steuersignals (RAMP*) durch Subtraktion einer insbesondere aus auf der Basis einer Abtastung ermittelten Differenz ausgebildet ist.

30. Sende- und/oder Empfangseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß ein Steuerteil zur Erzeugung der Steuersignale (CTRL, sample, sample_c, RAMP) nach einem fest vorgegebenen Zeitraster eines jeweiligen Mobilfunkstandards vorgesehen ist.

31. Sende- und/oder Empfangseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß sie in einem mobilen Endgerät eines zellularen Daten- und/oder Kommunikationsnetzes enthalten ist, insbesondere

in einem Mobiltelefon bzw. Handy.

32. Kommunikationssystem mit einer Sendeeinheit und einer
Empfangseinheit zum Austausch von Daten über ein hochfre-
quentes elektro-magnetisches Signal, vorzugsweise ein in-
termittierendes Hochfrequenzsignal,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß in einer Sendeeinheit eine Regelschleife (L) zur Ver-
stärkung eines hochfrequenten Signals vorgesehen ist, in

der Mittel zum Unterbrechen der Regelschleife (L) und

Mittel zum konstanten Halten des Verstärker-Steuersignals
(GAIN CTRL) über eine bestimmte Zeitdauer vorgesehen

sind, wobei die Mittel zur Aktivierung über Steuersignale
(CTRL, sample, sample_c, RAMP) ausgebildet sind.

33. Kommunikationssystem nach dem vorhergehenden Anspruch,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß die Regelschleife (L) nach einem der Ansprüche 17 bis
31 und/oder zur Umsetzung eines Verfahrens nach einem der
Ansprüche 1 bis 16 ausgebildet ist.

34. Kommunikationssystem nach einem der beiden vorhergehenden
Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß die Sende- und/oder Empfangseinheiten als mobile Ein-
heiten ausgeführt sind, insbesondere als Mobiltelefone o-
der mobile Datenübertragungseinrichtungen.

Zusammenfassung

Verfahren zur Regelung der Verstärkung eines hochfrequenten Signals

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung der Verstärkung eines hochfrequenten Signals, insbesondere eines intermittierenden Signals, bei dem ein zu verstärkendes Hochfrequenzsignal in einer Regelschleife (L) auf einen Verstärker (VGA) mit steuerbarer Verstärkung gegeben wird, wobei die Verstärkung durch ein Verstärker-Steuersignal (GAIN CTRL) gesteuert wird, ein Teil des verstärkten Hochfrequenzsignals über einen Richtkoppler (LK) ausgekoppelt und auf einen Leistungsdetektor (DET) gegeben wird, dessen Ausgangsspannung zur Differenzbildung mit einem Steuersignal (RAMP) an Eingänge einer Vergleicherschaltung gelegt wird, deren Ausgangsspannung als Verstärker-Steuersignal (GAIN CTRL) zur Erhöhung des Leistungspegels solange nachgeregelt wird, bis sich die Ausgangsspannung des Detektors (DET) und die Spannung des Steuersignals (RAMP) an den Eingängen der Vergleicherschaltung kompensieren.

Um ein Verfahren zu schaffen, das bei einem höheren Grad von Flexibilität zur Anpassung an verschiedene Signalspezifikationen mit einem geringeren Schaltungsaufwand eine verbesserte Einstellung der Sendeleistung ermöglicht, wird vorgeschlagen, daß die Regelschleife (L) geöffnet und das Verstärker-Steuersignal (GAIN CTRL) konstant gehalten wird, insbesondere für die Dauer einer Datenübertragung (DATA).

30

(Figur 3)

35

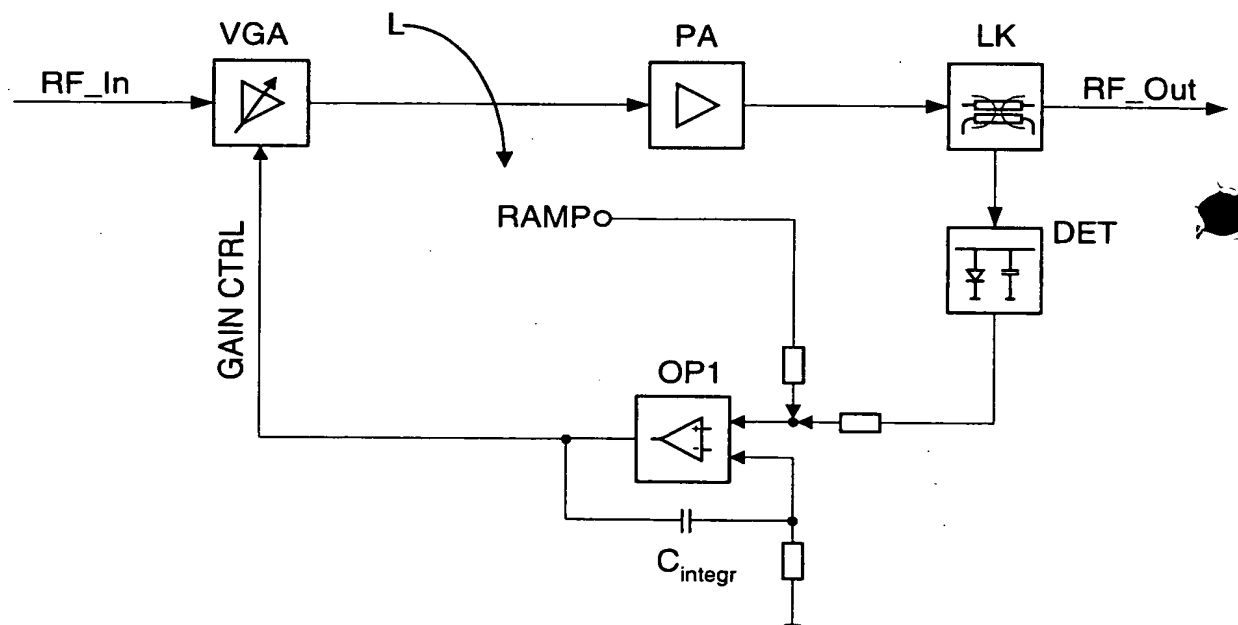


Fig. 1

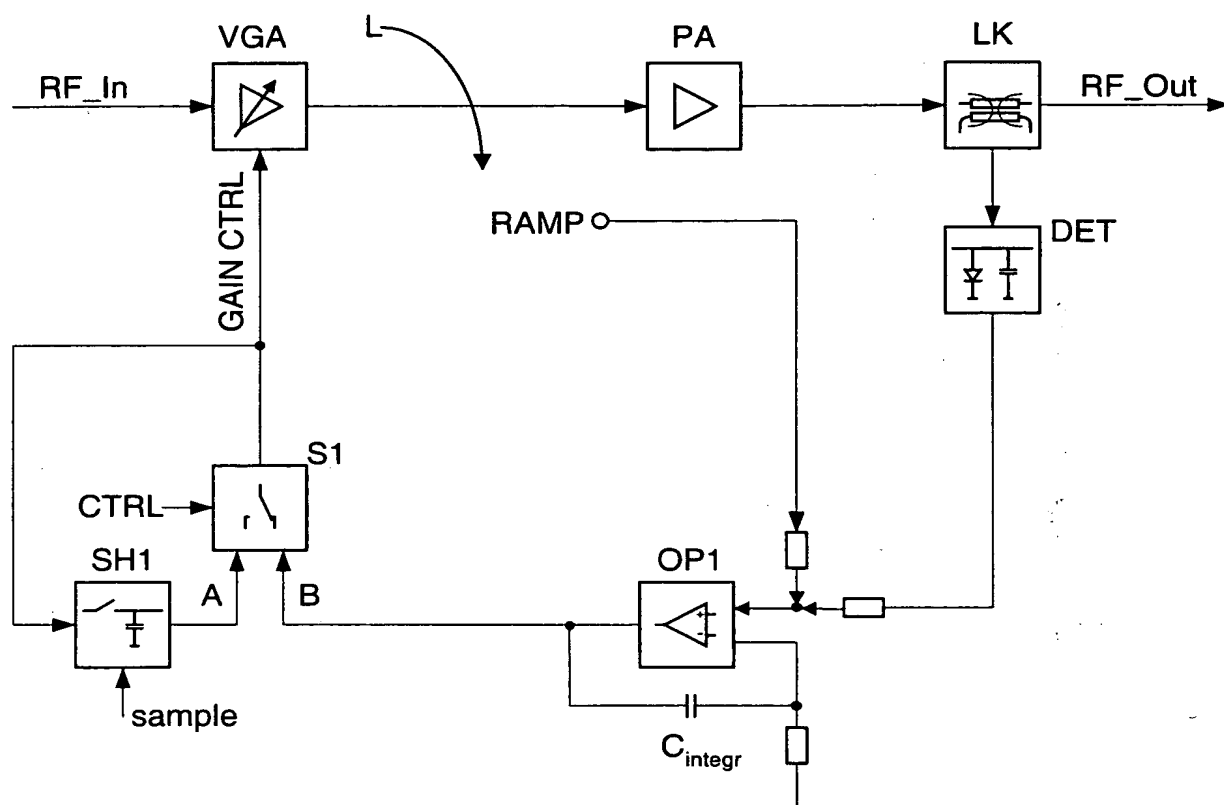


Fig. 2

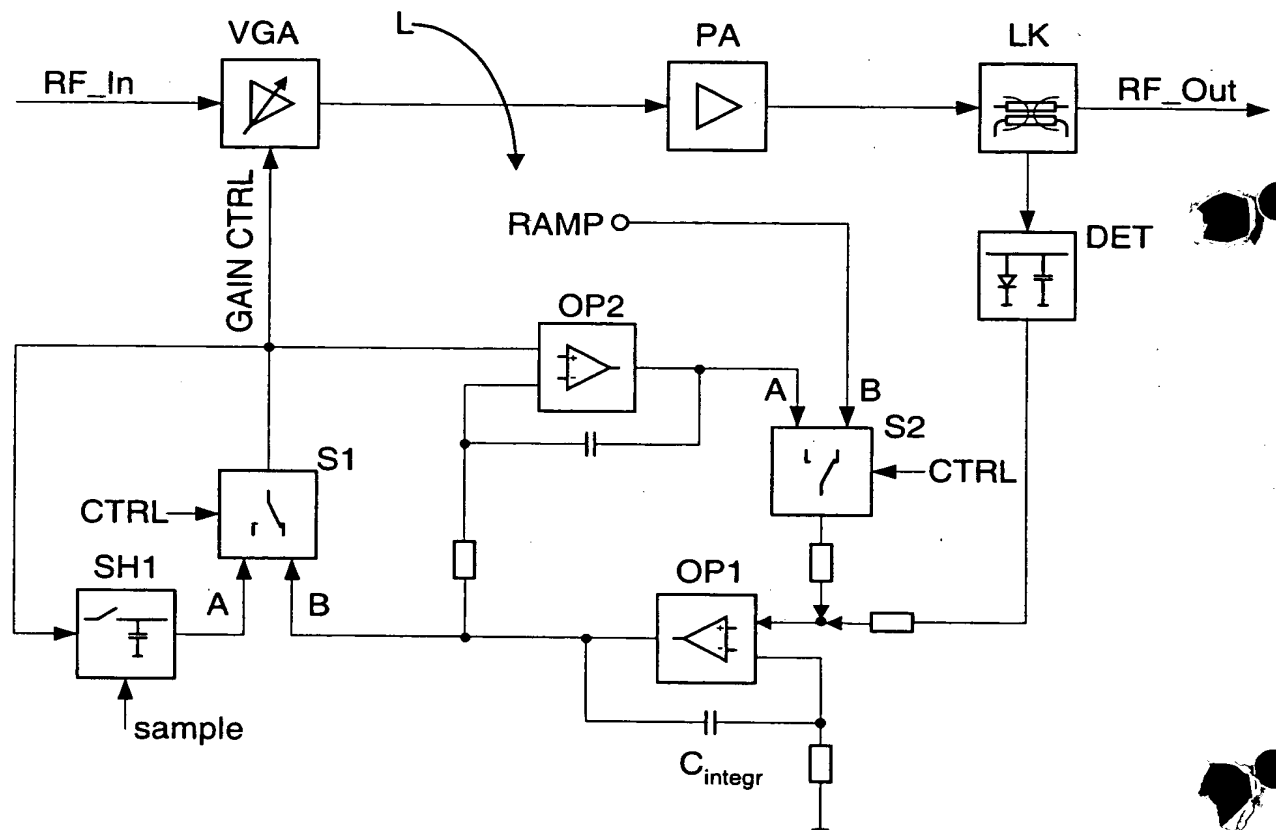


Fig. 3

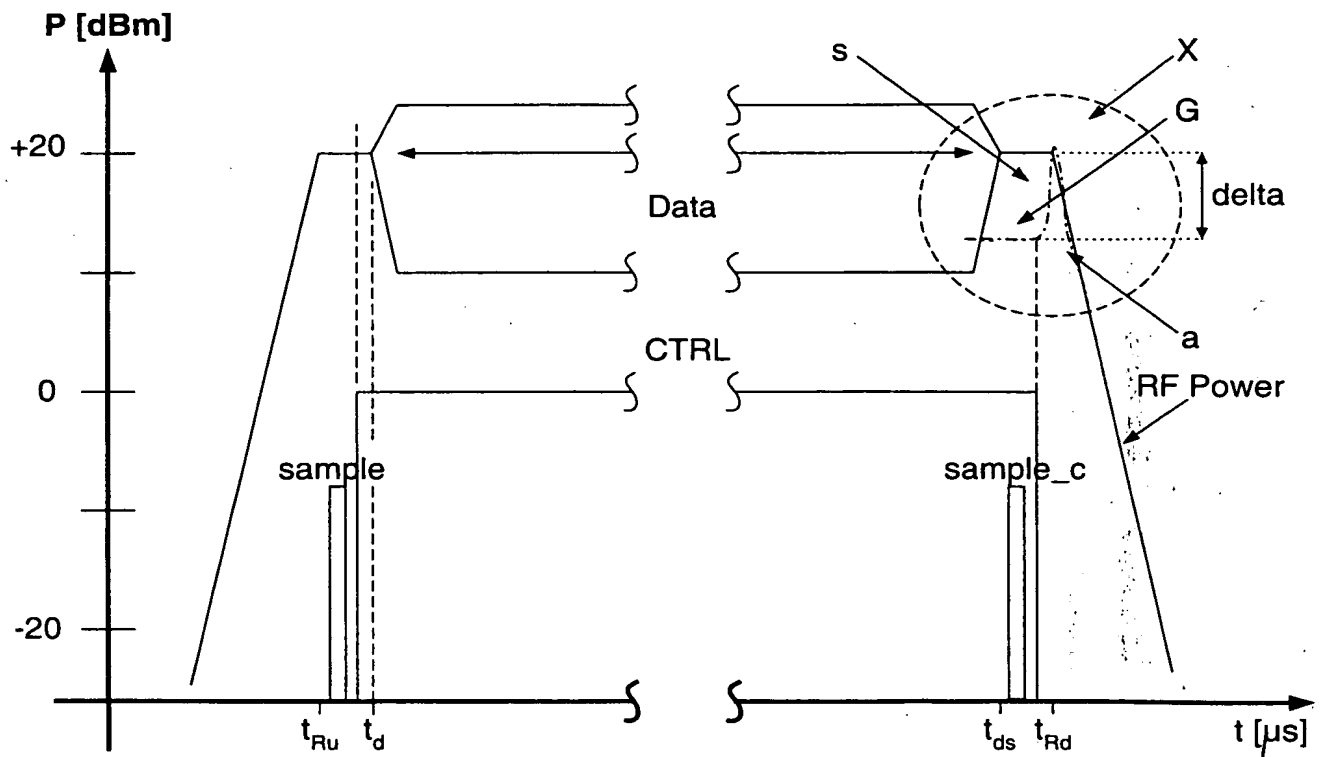


Fig. 4

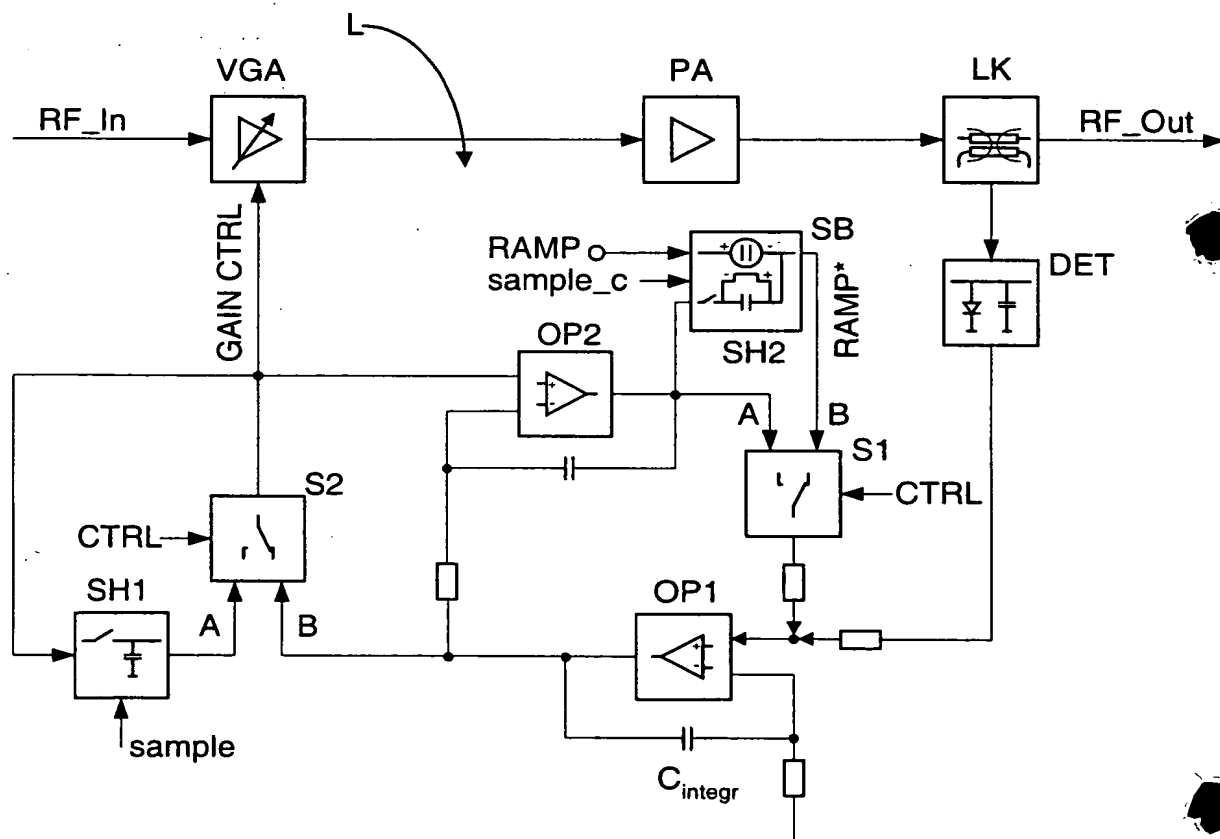


Fig. 5